



长春教育学院

THESES OF
POSTGRADUATE
STUDENTS

1

1987

研究生论文集

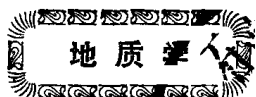


研究生论文集

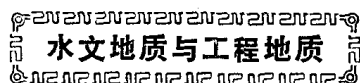
一九八七年 第一期

长春地质学院研究生处 主办

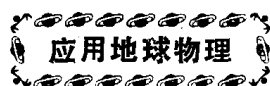
目 录



梨树坳陷十屋断陷小五家子构造的沉积特征及含油性.....	高福红 (1)
松辽盆地南部的白垩系砂岩的成岩作用特征.....	刘 立 (7)
湖北红安—随县晚元古代蓝闪片岩带的岩石矿物特征及其变质作用.....	刘晓春 (15)
冀东都山花岗质深成体岩浆结晶变形序列.....	陈程远 (28)
鲁西太古代徂徕山花岗质杂岩体的地质特征及成因探讨.....	李恒新 (41)
山东招远金岭—北截地区原生金矿控矿构造特征及构造控矿规律.....	王绍华 (51)
蒙阴盆地生成及其演化.....	李双林 (59)
胶东地体的碰撞与沂沭断裂带的发展特征.....	商玉强 (73)
佳木斯—伊通地堑的基本地质特征及形成演化.....	薛林福 (82)



用确定—随机耦合模型预测沙洋地区孔隙含水系统水位动态.....	杜凤文 (94)
泥化夹层的力学性质、极限长期强度与结构的关系.....	程祖锋 (101)
江西鄱阳湖地区几种粘性土成分结构的工程地质研究.....	王 清 (113)
隧道支护压力围岩分类.....	陈剑平 (123)



三维地震模型数据采集系统扫描自动控制装置.....	沈 颀 (136)
---------------------------	-------------

利用物探资料进行矿产预测的模糊识别方法及其应用.....孟小红(144)

地质电子仪器

交流电阻率仪接收机设计与研制.....温远忠(158)

应用地球化学

赤峰北部大井锡多金属矿床成矿作用地球化学研究.....姚 德(163)

西准噶尔金矿化集中区地球化学特征及金矿地球化学勘查.....陈永清(169)

珲春东北部地区两个花岗质岩石系列.....姜开君(204)

河北省峪耳崖金矿床地质地球化学特征.....柴社立(214)

山东玲珑金矿地质地球化学研究.....孙胜龙(227)

数学地质

数量化理论的模型简化问题及其在地质中的应用.....杨毅恒(233)

边界元法理论及其在水质预测模型中的应用.....王新民(261)

大安口金矿区地质变量关联性的定量研究.....晋佩东(271)

关门山铅锌矿床勘查构造地球化学及其定量化研究.....肖克炎(283)

探矿工程

九台膨润土加工工艺的研究.....孙宝维(297)

梨树坳陷十屋断陷小五家子构造的 沉积特征及含油性

(岩石学专业)

研究生 高福红 指导教师 王东坡教授

梨树坳陷十屋断陷小五家子构造位于松辽盆地南部东南隆起区南端,是一个沿 NNE 方向延伸的小背斜,行政区划为吉林省怀德县秦家屯乡。近几年,地矿部吉林石油指挥所在这里进行了详细的普查工作,并钻了十几口探井,其中 SN15 井是一口全取心井,进尺 950 米。本文是以 SN15 井的岩心为工作基础,结合大量的地质及地球物理资料和相邻区域的地质资料,讨论了小五家子构造泉头组的地层划分、沉积特征、沉积相模式及砂岩层的特点,为进一步进行石油勘探开发提供一定的辅证。

一、区域地质概况

小五家子构造位于梨树坳陷的东部,面积仅 5—8 Km²,是一个有利油气聚集的局部构造单元。为了搞清整个构造的含油性,先后在小五家子构造的顶部、北翼、东西

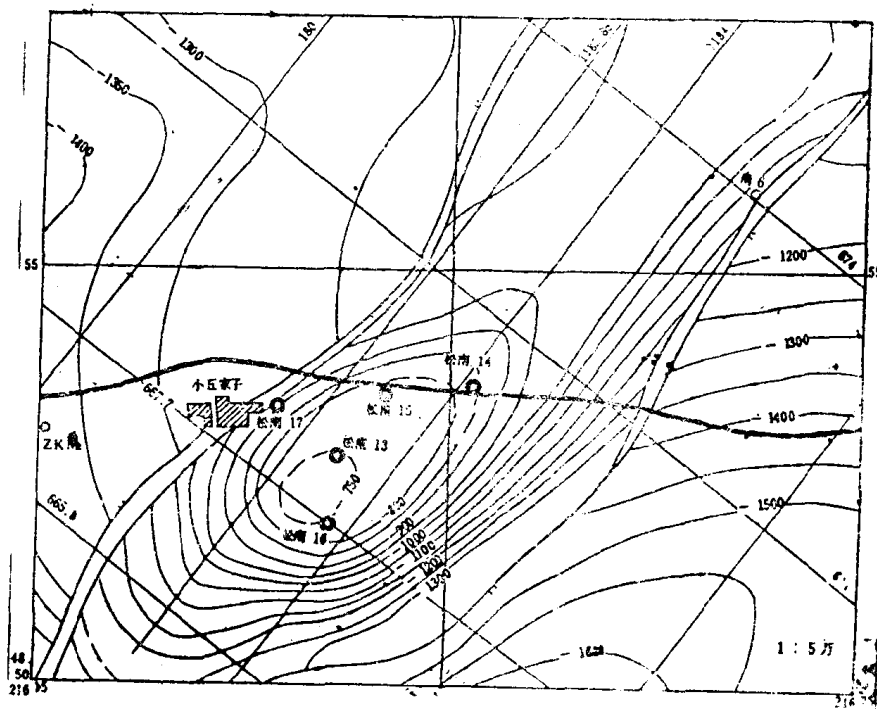


图1 小五家子构造T4反射层等深图及井位

两翼布施SN13、SN14、SN15、SN17等几井钻井(图1)。

小五家子是含油气远景较好的一个局部构造。该构造为一NNE向延伸、东陡西缓、南陡北缓的短轴背斜,位于双龙、后五家户断裂背斜带北斜坡。在地震剖面上, T_{4-1} 、 T_{4-2} 反射层均成背斜状,而且背斜的东西两侧各有一条长期活动的断层,有利油气的聚集。整个松辽盆地是在古生代及前古生代的基底上发展起来的,上部的盖层主要是一些中、新生代的地层。在小五家子构造上,由于钻井深度所限,钻遇的地层主要是登娄库组的顶(K_1d)、泉头组(K_2q)及青山口组的底 K_{2q0} ,其中泉头组是本文工作的重点。

二、SN15 井泉头组的沉积特征

在石油的开发勘探中,研究储集层的展布规律很重要。因此,首先必须根据沉积物在时间、空间的演化,归纳出各种环境的空间组合形式——相模式,才能进一步研究储集层的展布规律。加拿大沉积学家沃克指出:相模式本身除是一个环境的概念以外,还必须起四个方面的作用,即:对进一步观察来说,起到提纲、指南作用;对于比较的目的来说,起到一个标准的作用;对于新地区来说,起到预测作用;对所代表的沉积环境和系统的水力学解释来说,起到一个基础的作用。以上四点也是建立梨树坳陷小五家子背斜沉积相模式的指导思想。

在SN15井950米的钻井中,进尺在130—780米这段地层是泉头组,其下部是与泉头组平行不整合接触的登娄库组的顶,其上部是与泉头组整合接触的青山口组的底。

登娄库组是一套冲积扇沉积物,由灰绿色的粗碎屑组成,以粗粒的杂砂岩为主,其中泥的含量较高。所钻遇的登娄库组地层由四个下粗上细的沉积旋迴组成,每个旋迴的下部,都是具递变层理的砾岩及含砾粗砂岩,向上粒度变细,渐变成细砂岩和泥岩。整个旋迴的砂泥混杂现象明显,分选不好,泥岩中夹有重力流强烈冲刷形成的重力流沉积物——薄层泥砾岩。

泉头组是松辽盆地良好的储集层,发育有农安油层、杨大城子油层和扶余油层,故对泉头组的研究具有一定的经济意义。由于松辽盆地是中新生代的陆相盆地,其内部有很多小型的盆地,彼此之间的差异很大,结合前人工作成果,认为泉头组是一套河流

相沉积物,并将SN15井的泉头组划为四段:辫状河流相(q_1)——蛇曲河流相(q_2)——蛇曲河流相(q_3)——决口扇和蛇曲河流相(q_4)。

泉头组第一段(K_2q_1)是一套陆相碎屑沉积物,其岩性、沉积旋迴、电测曲线都有自己的特点,故将井深670—780米这段地层划为泉一段,厚110米。

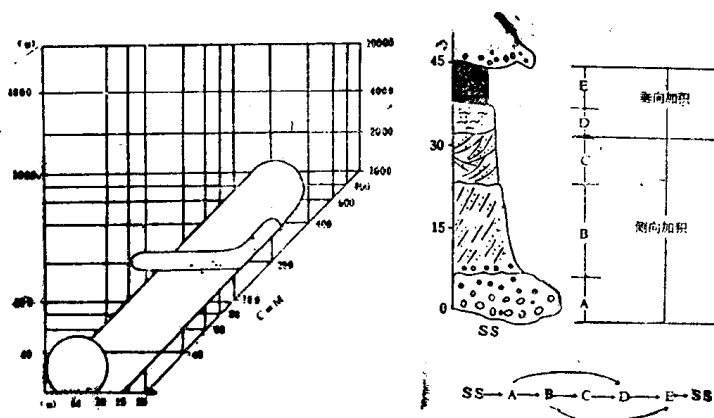


图2 泉一段CM图及相模式图

泉一段为辫状河流相，主要的岩石类型有：泥砾岩、泥岩、粉砂岩，长石杂砂岩等。均为灰绿色。整个泉一段显示二个下粗上细的沉积旋回，每个旋回的底部都有一冲刷面，并依次发育有板状斜层理，槽状层理、微波状层理及平行层理，每个旋回的砂泥岩厚度之比大于1。电测井曲线也显示正旋迴性（图2）

泉二段与泉一段是连续沉积的，二者在岩性、岩相及电测井曲线上既有密切的联系，又有一定的差异，根据岩性、沉积旋迴性及电测井曲线的特点，将井深在510—670米这段地层划归为泉二段，厚160米。泉二段是河漫滩相很发育的蛇曲河流相，主要岩石类型有：灰绿色的泥砾岩、灰白色的长石杂砂岩、灰褐色的粉砂岩及灰绿色的泥岩、紫红色的泥岩，整个泉二段是由三个由粗到细的正向沉积旋回组成的，下部的粗粒物质是暗色的，上部的细粒物质均为紫红色的泥岩，而且这种红色泥岩在每个沉积旋回中所占比例很大，砂泥岩厚度之比远远小于1。随着每个沉积旋迴粒度由粗到细的变化，依次发育有板状单向斜层理、槽状层理、变形层理及微细斜层理，相应的电测井曲线为“钟状”加很长的一段泥岩基线。（图三）

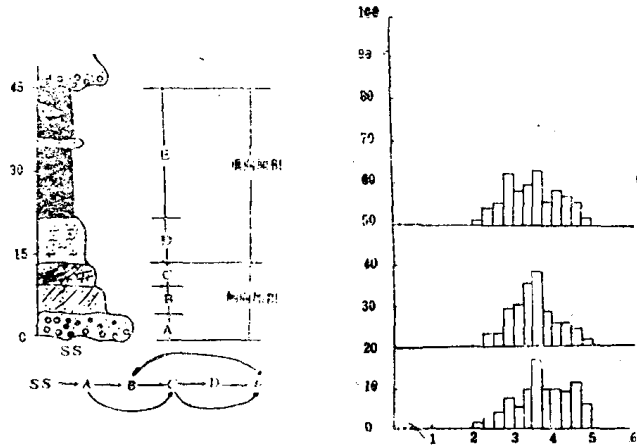


图3 泉二段粒度直方图及相模式图

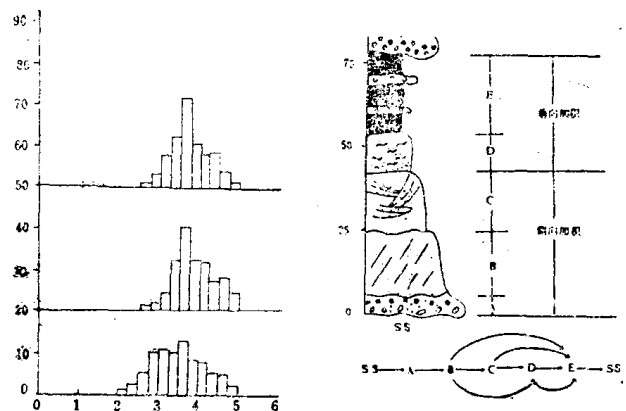


图4 泉三段的粒度直方图及相模式图

泉三段 (K_2q_3) 与泉二段相比，二者之间既有联系，又有差别，故根据沉积旋迴，电测曲线的特点，将井深510—360米这段地层划为泉三段，厚145米。泉三段是一套蛇曲河流相沉积物，主要岩石类型有：灰白色长石杂砂岩，灰褐色粉砂岩及灰绿色泥岩，整个泉三段岩石类型单一，有二个下粗上细的沉积旋迴，而且依次发育有单向板状斜层理、槽状交错层理、微波状层理和微细斜层理，每个旋回的砂泥岩厚度之比近等于1。相应的电测井曲线为标准的钟状（图4）。

泉头组第四段地层较厚。在SN15井，其岩性、沉积旋迴性方面显示有二种沉积特点，其下部是一套粗碎屑沉积物，砂泥混杂现象十分明显；上部是一套下粗上细的沉积物，旋迴性明显。

泉四段下部是冲积扇相沉积物，主要岩石类型有：灰绿色的泥砾岩、灰白色的长石杂砂岩、灰白或灰绿色的细砂岩和粉砂岩及灰绿色的泥岩。泉四段下部是一个大的正向旋

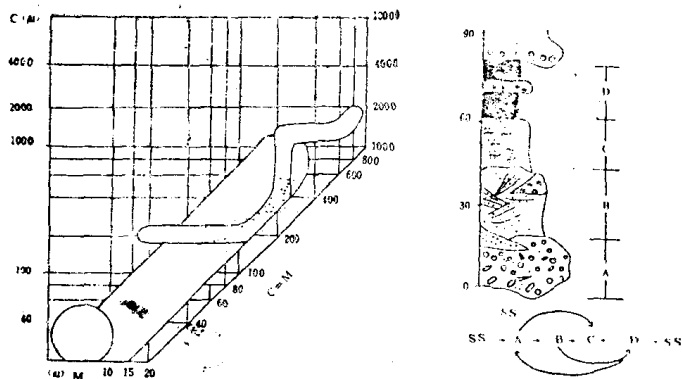


图5 泉四段下部CM的图及相模式图

组成，旋回的底部都是含砾粗砂岩，向上为中细粒砂岩及粉砂岩、泥岩组成，分别发育有单向板状斜层理，槽状交错层理及小型斜层理和变形层理，砂岩、泥岩厚度之比近等于1，电测井曲线为明显的钟状（图6）。

泉头组的顶部是青山口组，二者之间是渐变过渡的接触关系。SN15井的青山口组的岩性为：以细砂岩、粉砂岩和泥岩为主，灰绿色，具微波状层理和变形层理，电测井曲线高低值变化频繁，显示砂泥岩的互层，故将青山口组定为滨湖相。

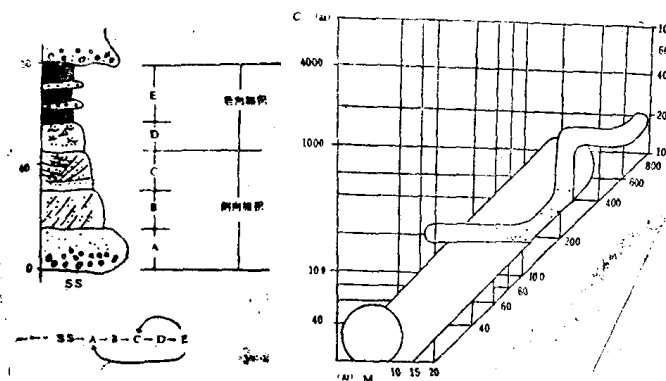


图6 泉四段上部CM图及相模式图

迴，而且内部包含几个小的正向旋迴，砂岩所占的比例较大，泥岩较少，泥、砂混杂现象十分明显，颗粒的分选磨圆程度很低，层理以块状构造和递变层理为主，电测井曲线为杂乱无章，高低值变化频繁（图5）。泉四段上部，是一套蛇曲河流相沉积物，主要岩石类型有：灰白色的长石杂砂岩或含砾长石杂砂岩，灰白色的粉砂岩及灰绿色的泥岩。由三个下粗上细的沉积旋迴

三、小五家子背斜构造的泉头组地层的横向演化和构造演化

在小五家子构造单元上，除全取心的SN15井外，还有SN13、SN14、SN16、SN17等部分取心的探井，它们彼此之间的距离约1000

米，位于同一构造单元上，横向上地层有一定的演化关系，可以互相对比。在地层划分和对比过程中，以SN15井所建立的各段相模式为基础，结合其周围井的钻井地质资料、地球物理测井资料。泉一段和泉二段是在辫状河流转化为蛇曲河流过程中连续沉积的，而且这套沉积物具背斜顶部薄，两翼厚的特点；泉三段是一套标准的蛇曲河流相沉积物，在背斜的各部位发育程度相近；泉四段由于下部发育有决口扇相沉积物，致使小五家子构造各部位差异很大，局部甚至缺失冲积扇相这段地层，泉四段的沉积物起填平补齐的作用，在沉积结束时，地形趋于平缓，最后由河流相转化为青山口组的滨湖相。

松辽盆地位于中国大陆板块之内。对其成因，从多方面做过解释，有槽台说、地质力学说等。近几年，大陆漂移和板块学说的解释也比较普遍。松辽盆地的形成主要是由上地幔隆起，盆地基底产生张裂先形成断陷，之后由于太平洋板块向西俯冲，欧亚板块向东蠕动，在拉张作用下，形成了坳陷，构成断陷——坳陷盆地。整个盆地的发育，经历了断陷——坳陷——萎缩三个阶段。

中侏罗世晚期或晚侏罗世早期,在燕山运动作用下,由于断裂的产生和东西向水平拉张力的作用,盆地范围内开始形成大小不等互不连通的小型断陷盆地,并且内部充填了侏罗系含煤碎屑岩或火山碎屑岩建造。早白垩世晚期,原来分隔着的小型断陷盆地又逐渐扩展,相互连通,形成了统一的较大的断陷盆地,沉积了碎屑岩建造(登娄库组),以后,盆地继续下沉,沉降速度加快,转入拗陷期,湖盆面积扩大,水体范围增加,沉积了一套河湖相碎屑岩建造(泉头组

——嫩江组)。从早白垩世晚期开始,由于受来自太平洋方向板块挤压的影响,盆地内部开始产生褶皱,出现背斜带与拗陷带相间排列的构造格局,并渐趋于完整,同时形成一些浅层的构造和断层,新老第三纪之间的构造运动,结束了盆地的发育历史,晚第三纪到第四纪,出现了与现代相似的平原沼泽。

由于松辽盆地有这样的构造格局,其沉积盖层的顺序也有明显的特点。在盆地形成的断陷阶段,即登娄库组形成时期,由于剥蚀区隆起高,剥蚀强度大,盆地处于非补偿状态,较长时间内保持河流和浅滩沉积环境,形成较厚的粗碎屑沉积物,同时由于下降幅度的不同,沉积的多中心性也是盆地这一发展阶段的主要特征。在泉头组——嫩江组这段期间内,由于盆地发展处于极盛时期,湖盆规模较大,剥蚀区经过长期的剥蚀,地形趋于平缓,沉积补偿作用变差,盆地逐渐变成深湖环境,分散的水流逐渐归并形成数量有限的大型河流,致使在这段时期内,还有大量的河流相沉积物,进入晚白垩系之后,即在四方台组——明水组期间,盆地规模逐渐缩小,甚至局部地区上升为剥蚀区,盆地又从深水环境转化为河流浅滩环境,形成一套较粗的沉积物。从上述沉积物演化顺序可以看出,松辽盆地的登娄库组——明水组的沉积物具有由粗变细又变粗的序列,具大陆裂谷双层沉积结构的特点。这与当前许多学者认为松辽盆地是一个大陆裂谷这种观点是相吻合的。

小五家子构造是梨树拗陷上的一个小背斜,它的形成与发展与整个松辽盆地的形成发展密切相关。通过小五家子背斜所进行的工作可以看出,登娄库组地层是一套陆相粗碎屑沉积物,砂泥混杂现象明显,沉积物厚度大,具搬运距离短、快速堆积的特点,这与裂谷早期断陷阶段的沉积特点相似。泉头组这套河流相沉积物,则是裂谷发育早期拉张作用下形成的,之后连续沉积了青山口组的滨湖相沉积物,由此可见,青山口组时期,裂谷的拉张作用基本上达到了鼎盛时期,盆地面积加大,水体范围扩大,使沉积环境从河流转入浅而宽阔的湖泊。依据上述,可以把小五家子构造单元的登娄库组——青山口组的沉积物看做是大陆裂谷双层沉积结构的下层——非补偿型沉积。在早白垩世晚期,由于太平洋板块向欧亚板块俯冲,使盆地内部受到挤压,从而发生褶皱,形成背斜与拗陷相间排列的构造格局,梨树拗陷也是如此,小五家子背斜就是在这个时期发育完

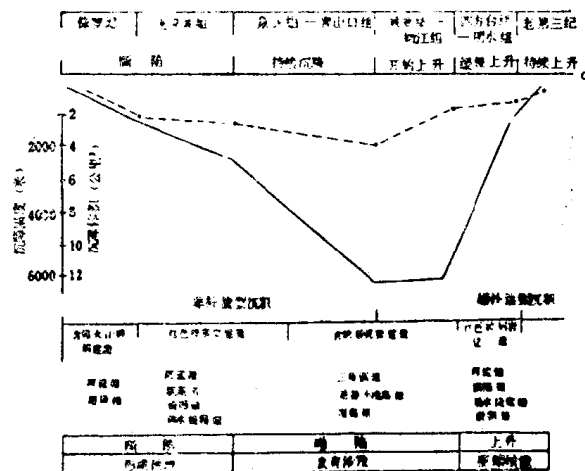


图7 松辽盆地构造演化综合图

整的。

四、小五家子构造泉头组砂岩层的特点：

在松辽盆地，泉头组是主要的储集层，泉一段有农安油层，泉三段有杨大城子油层，泉四段有扶余油层，泉二段也有一定的油气的显示，但未形成有工业价值的油气流。在小五家子构造上，SN15井的各段砂岩中，都有一定程度的油浸，局部还有沥青，SN13井，已试采出有工业价值的油气流，SN14、SN17井也见油气显示，基于这几口位于同一构造单元上，可以推测储集层的分布趋势。

利用综合测井曲线，可以对泉头组地层进行小层的划分和对比。据物源资料分析，小五家子构造的沉积物来源于西部。泉一段的辫状河流相沉积物，具西北厚、东南薄的分布趋势，在内部的两个旋迴中，下部旋迴的砂岩层很厚，而且也有北西厚、东南薄的分布特点，横向上显示不均衡性，上部旋迴的砂岩层，西部是巨厚的单层，东南方向变为二或三个薄层，厚度也随之减小。泉二段是一套红色沉积物，砂岩层薄，红色泥岩层厚，虽有一定的油迹，但意义不大。泉三段蛇曲河流相，河道砂与河漫滩相同样发育，旋迴性明显，砂岩层厚度稳定，是松辽盆地重要的产油层——杨大城子油层。这些砂岩层都是蛇曲河流点砂坝侧向加积作用形成的，在横向上连续性好，由于上部河漫滩相发育，形成了一套良好的储盖条件。泉四段也是蛇曲河流相沉积物，但由于局部发育有决口扇相，对地层横向演化影响较大。上部的砂岩层也是河流点砂坝侧向加积作用的结果，平面比较连续，但向西南方向尖灭，上部的泥岩层，可以做为盖层，与砂岩一起形成完整的储盖条件。但是由于小五家子构造泉四段接近地表的氧化环境，故泉四段虽有一定的油气显示，仍不能形成有工业价值的油气流。

综上所述，可以推断：泉一段的含油砂岩层，靠西部发育，泉三段的含油砂岩层各部位发育程度近等，泉四段的砂岩层，向西南方向尖灭，东北方向稍厚，这一方面反映砂岩层展布规律，同时也反映泉头组时小五家子构造运动的不均衡性，为石油的进一步勘探开发提供依据。

五、结 论

1、小五家子构造单元上，从下白垩统的登娄库组——中白垩统的泉头组，青山口组，其沉积相序为：冲积扇相——辫状河流相——河漫滩相发育的蛇曲河流相——蛇曲河流相——决口扇相加蛇曲河流相——滨湖相。

2、松辽盆地是一个大陆裂谷盆地，从小五家子构造的登娄库组——青山口组这一系列由粗变细的沉积物，可以认为是大陆裂谷双层沉积结构的下层——非补偿型沉积层。同时，由于盆地发展的不均衡性，使泉头组各段地层在小五家子构造单元分布不均匀。

3、小五家子构造的泉头组地层中，含油砂岩层主要是由蛇曲河流点砂坝侧向加积和心滩迁移作用形成的，故在横向上虽有一定的连续性，但仍是演化、尖灭较快，分叉现象很多，很难圈出砂体的确切分布范围，但泉头组各段砂岩都相应发育有泥岩盖层，构成小规模的良好储盖条件。

松辽盆地南部白垩系砂岩的 成岩作用特征

(岩石学专业)

研究生 刘 立 指导教师 王东坡教授

研究区位于松辽平原的东南端，属于松辽盆地东南隆起带内的一个次一级构造单元，是一个良好的油气远景区。

本文主要讨论区内钻遇的白垩系砂岩的成岩作用特征，包括青一段；泉头组和登娄库组砂岩。

研究用的岩芯与薄片取自区内的六口钻井中。在研究中采用偏光显微镜，电子探针、扫描电镜和 X—射线衍射分析等手段，对成岩作用现象和自生矿物类型进行了详细的研究。（本文为硕士学位论文的一部分）。

一、砂岩的岩石学特征

按照 Gazzi—Dickinson 统计方法，统计了131块薄片中的骨架碎屑成分。其中：石英含量为。

54.8—57.9%，长石含量为28.9—55.4%，岩屑含量为9.4—16.3%。

石英中包括单晶石英与多晶石英，以单晶石英为主。长石包括正长石，斜长石，微斜长石，条纹长石及环带长石，以斜长石为主，正长石次之。岩屑中以中酸性火山喷出岩为主，包括安山岩，安山——玄武岩，流纹岩，球粒流纹岩，霏细岩，石英斑岩及火山玻璃。此外，还有少量的沉积岩和变质岩岩屑。

云母及重矿物的含量一般不到1%，个别井段可高达4%。

按照结构成因分类，研究区各组段砂岩主要为长石砂岩和岩屑长石砂岩为主，二者出现的频率大体相当。

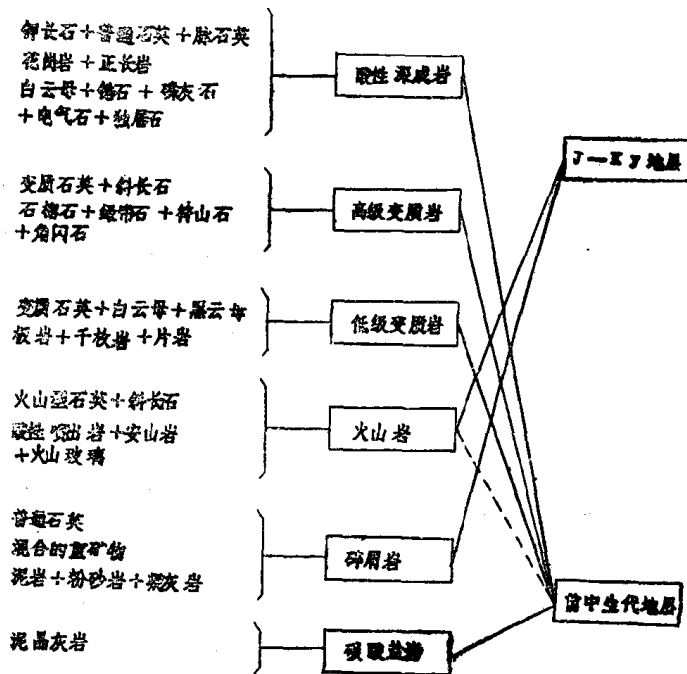


图1、松辽盆地南部白垩系砂岩母岩类型示意图

上述砂岩，根据碎屑成分的成因类型，可归纳为以下六个母岩组合（图1）：

（1）酸性深成岩组合，包括花岗岩和正长岩，可能是加里东期和华力西晚期的产物。

（2）高级变质岩组合，为前古生代的片麻岩，花岗片麻岩。

（3）低级变质岩组合，包括板岩，千枚岩，绢云石英片岩和绿泥石英片岩，为古生代的产物。

（4）火山岩组合，包括酸性喷出岩和安山岩，来自侏罗系和下白垩统地层。

（5）碎屑沉积岩组合，包括泥岩，粉砂岩和少量凝灰岩。来自侏罗系和下白垩统地层。

（6）碳酸盐岩组合，泥晶灰岩，来自前古生代地层。

二、成岩作用

研究区内砂岩的成岩作用包括机械压实作用，自生矿物的形成以及交代作用。

（一）机械压实作用

在一些薄片上，具有碎屑白云母被压弯，泥质岩屑出现塑性变形的现象，说明本区砂岩遭受过一定的压实作用。另一方面，在薄片上砂岩颗粒间接触形式主要为直线式和相切式。在泉三段和泉四段的砂岩中，一些颗粒甚至“漂浮”在方解石胶结物中。在埋深超过1500米的砂岩中，只有极少数的颗粒呈凹凸式接触。因此，本区砂岩遭受的压实作用很微弱。

本区砂岩的去胶结物孔隙度平均为30—35%左右，说明碎屑颗粒沉积后不久，便有胶结物充填，属于早期胶结。由于物质来源丰富，使大部分孔隙中充满了胶结物，从而抑制了后期的机械压实作用。

（二）自生矿物种类

砂岩中的自生矿物主要为方解石，石英次生加大，长石次生加大，重晶石，方沸石等。其中方解石为砂岩中的主要胶结物。

1、石英次生加大：石英的次生加大边与碎屑石英间为粘土线（粘土膜）所限定。在少数薄片上，具有自生伊利石垂直碎屑石英的表面生长，然后又发育有石英次生加大边的现象。次生加大石英外边缘平直，两组晶面相交成棱锥状。扫描电镜观察发现，在孔隙中充填有结晶完好的自生石英集合体（照片1）。埋深小于1000米时，自生石英零星出现，次生加大边仅为0.02mm宽。埋深大于1500米时，则大量出现，次生加大边的宽度在0.04mm以上。

2、方沸石：薄片上无色透明，呈六角形。粒径为0.03mm左右。亦有些呈不规则状充填于孔隙之中。负低突起。在不规则孔隙充填者中，可具有{100}极不完全解理。均质体，但个别粒径大者具有微弱光性。个别六角形颗粒被方解石完全交代。在不规则状孔隙充填方沸石中，经常包有细小的碎屑颗粒。并具有不规则状方沸石充填在石英次生加大后剩余的孔隙空间中，说明其形成晚于石英次生加大。方沸石仅产于个别井段的小于1000米埋深的砂岩中。其形成与砂岩中的火山灰和火山玻璃的蚀变有关。

3、重晶石：薄片上无色透明，中正突起，大部分具两组正交的完全解理。最高干

涉色为一级橙黄，二轴晶正光性。以孔隙充填形式产出，一般为连生结构。并具有轻微交代碎屑颗粒的现象。

4、长石次生加大：在埋深大于1500米的砂岩中，经常具有斜长石次生加大的现象。其产状有两种情况，一种为斜长石核心强烈水云母化，有些隐约可见聚片双晶。但次生加大边清澈透明，突起较碎屑核心略低，不具双晶。另一种情况为，碎屑长石核心与次生加大边皆有聚片双晶（照片2）。次生加大边一般为0.02—0.04mm。

5、方解石：方解石是本区砂岩的最主要胶结物。方解石一般为连生结构，其{1011}解理完全，常见有沿菱面{0112}的聚片双晶， Ne' 与双晶纹间的消光角 $tNe' \wedge e = 55^\circ$ 左右。方解石在砂岩中的产状极为复杂。为系统研究起见，参照E·C·Dapples (1971)的石英砂岩中碳酸盐胶结物的物理分类方案，结合本区的情况，提出了长石砂岩和岩屑长石砂岩中方解石胶结物的形态分类方案（表1）。

6、铁白云石：薄片暗褐色，大部分呈菱面体，闪突起明显，高级白干涉色。铁白云石为交代方解石所形成，产出在埋深大于1300米的砂岩中。

表1 方解石胶结物的形态分类

I. 保持颗粒支撑格架的胶结作用

A. 充填原始孔隙空间的胶结作用

1. 碎屑矿物与胶结物间无化学反应
2. 吞并颗粒间孔隙中已存在的粘土矿物

B. 充填剩余孔隙空间的胶结作用

1. 充填碎屑颗粒次生加大后剩余的孔隙
2. 充填局部压实后剩余的孔隙

II. 破坏颗粒支撑格架的胶结作用

A. 结晶作用引起的体积膨胀

1. 沿裂缝、解理缝穿插碎屑矿物
2. 在粒间孔隙中产生局部膨胀
3. 连生结晶作用引起大规模膨胀

（据E·C·Dapples, 1971, 修改）

7、菱铁矿：薄片褐色，闪突起不明显，高级白干涉色。呈不规则状或菱面体分布于碎屑颗粒的边部。极少出现。

8、黄铁矿：薄片不透明，黑色。一般呈完好的立方体产出。反射光下淡黄色。黄铁矿的边部和部分黄铁矿颗粒已被氧化成褐铁矿。

9、粘土矿物:

对于砂岩中赋存的粘土矿物,在工作中采用了偏光显微镜,扫描电镜和粒径 $<2\mu\text{m}$ 部分的X-射线衍射分析的综合研究方法。

研究区埋深小于1000米砂岩中的粘土矿物,经提取砂岩中小于 $2\mu\text{m}$ 部分进行的X-射线衍射分析结果证实,主要为高岭石和蒙脱石,其次为伊利石,其X-射线衍射曲线如图2所示。

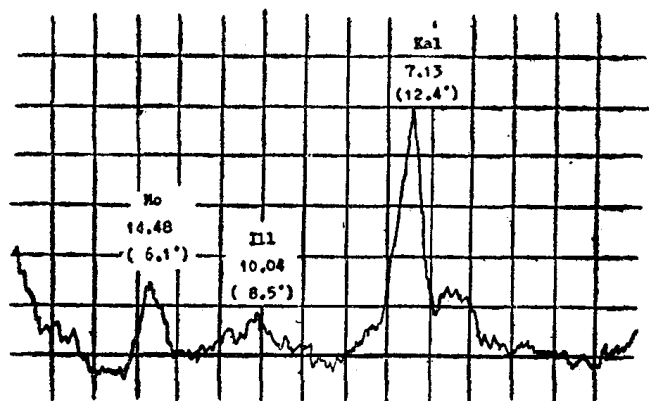


图2. 砂岩中粘土矿物典型X-射线衍射曲线

研究区砂岩中的粘土矿物,除自生者外,尚有些属于他生粘土。

(1) 高岭石

他生高岭石:薄片下为浅褐黄色,正低突起,一级灰干涉色。多以集合体形式产出,并均匀地分布于颗粒的孔隙之中。集合体呈扇状,花瓣状。其集合体之中有些尚保留着颗粒形状。可能为粘土岩岩屑经重结晶作用而形成。

钾长石蚀变的高岭石:砂岩中的部分钾长石已经高岭石化。通过

扫描电镜观察,可见到钾长石表面受到淋滤,并生长出高岭石晶体的现象。单个高岭石板片边长约 $3\mu\text{m}$,厚约 $0.2\mu\text{m}$,集合体呈书页状。

自生高岭石:在扫描电镜下,自生高岭石集合体堆积于孔隙之间,集合体排列疏松,呈蠕虫状和书页状(照片3)。单个晶体呈六角板状,边长约 $2\mu\text{m}$,厚约 $0.2\mu\text{m}$,并见到板片的边部有缺口的现象。

(2) 他生蒙脱石:在扫描电镜下,他生蒙脱石呈边缘卷曲的薄片状集合体,充填于孔隙之中(照片4)。

(3) 自生伊利石:在埋深大于1500米的砂岩中,自生伊利石大量出现,按其产出形式叙述如下:

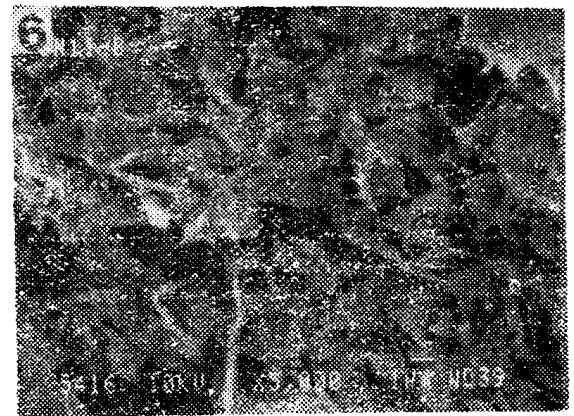
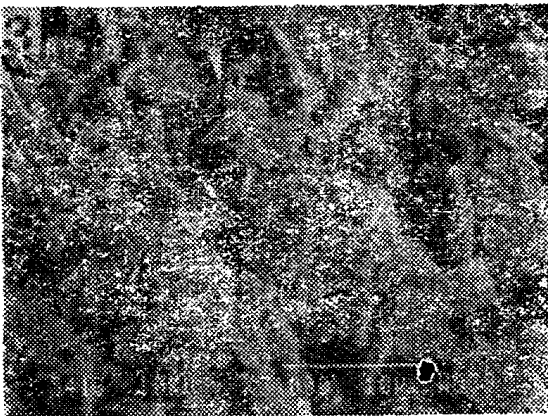
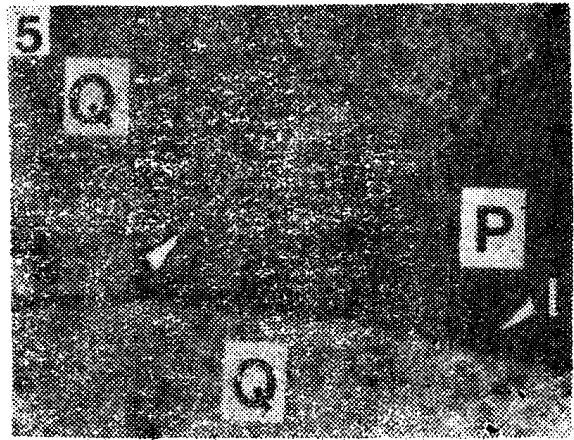
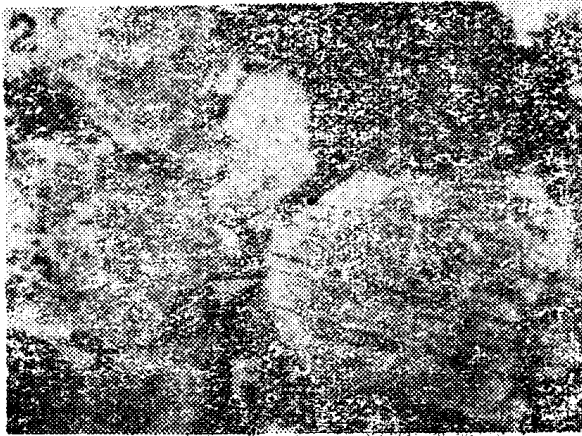
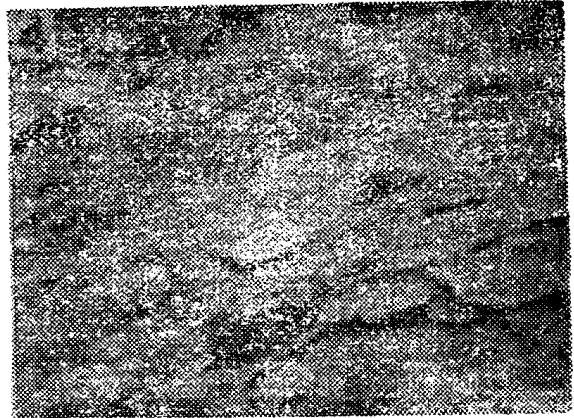
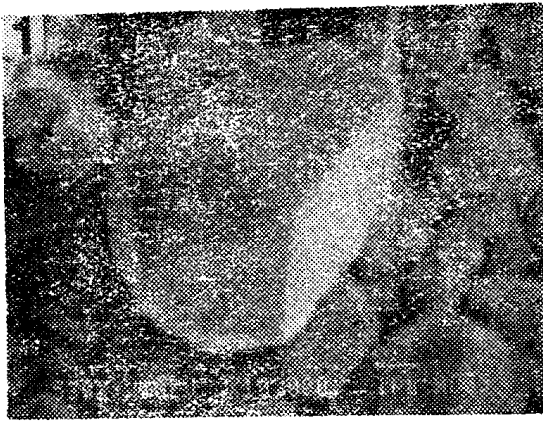
孔隙衬里式,自生伊利石在偏光显微镜下呈淡绿色,细针状,垂直碎屑颗粒表面生长(照片5)。其外缘有时发育自生石英和自生长石。自生长石的外缘有时仍可见到垂直其表面生长的自生伊利石。说明自生长石的形成可能早于自生石英。在颗粒的紧密接触处未见到任何粘土矿物,证明伊利石为成岩作用期间形成。

碎屑颗粒包裹式,自生伊利石平行地贴附于碎屑颗粒的表面,在颗粒接触处不存在。

充填式,在孔隙衬里式伊利石的外缘,即在剩余的孔隙中又充填有自生伊利石,构成清楚的世代关系。

在扫描电镜的观察中,发现自生伊利石的边缘具有刺状的突出物(照片6)。从而说明伊利石具有典型的自生成因。

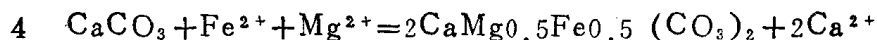
上述伊利石具有典型的自生成因特征。有些可能属于蒙脱石——伊利石混合层,由于未做能谱分析无法进一步确定。



1. 自生石英晶体 (SEM); 2. 长石次生加大 (F), 正交偏光 (X10).
 3. 高岭石集合体呈蠕虫状, 书页状 (SEM); 4. 蒙脱石集合体 (SEM);
 5. 石英次生加大单偏光 X40; 6. 自生伊利石 (SEM)。

(三) 交代作用

主要为方解石交代碎屑颗粒，其次为铁白云石交代方解石。在本区，铁白云石仅在埋深大于1300米，靠近同生断裂的井中出现。如果按照松辽盆地北部的平均地温和生产井的平均地温计算（分别为 $49.6^{\circ}/\text{千米}$ 和 $42^{\circ}\text{C}/\text{千米}$ ），在1300米处，地温为 49.6° — 54.66°C ，在此条件下方解石与铁白云石之间的反应为：



如果要使反应向右进行，就必须要有少量的 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 。在本区 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 的来源可能与泥岩中粘土矿物转化后释放出的 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 溶液沿同生断裂的上升有关。

(四) 成岩作用顺序及自生矿物的深度分布规律

研究区砂岩的成岩作用顺序是各次成岩作用的时间序列。根据成岩作用特征的镜下观察，确定了成岩作用的五个主要途径（图3）。每个途径相当于一个成岩作用序列。

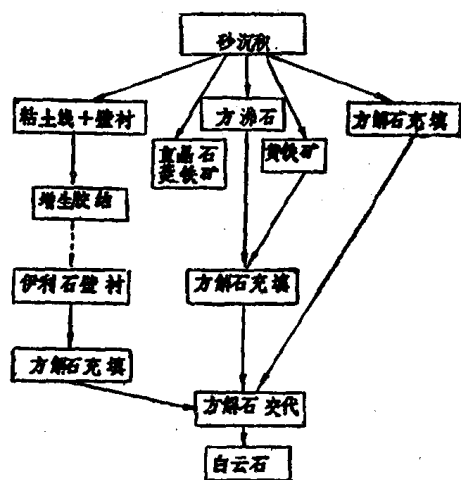


图3. 成岩作用顺序示意图

其中重晶石，菱铁矿与方解石的先后关系不太明确。而方沸石和黄铁矿则明显地早于方解石。

根据薄片鉴定，X—射线衍射分析和扫描电镜观察等资料，发现本区青一段，泉头组和登娄库组砂岩，在成岩作用过程中随埋深加大，地温升高，砂岩中主要自生矿物的分布有如下的规律：

1、埋深小于1300米时，自生矿物以方解石为主；埋深大于1300米时，方解石开始转变成铁白云石，二者同时或交替出现。

2、埋深大于1500米时自生石英和自生长石大量出现，其含量仅次于方解石胶结物。

3、在埋深大于1500米的砂岩中，自生伊利石（或蒙脱石——伊利石混合层）出现的几率远大于高岭石和蒙脱石。在所研究的深度范围内（90—3180米）未见到典型的自生绿泥石。

三、成岩物质的来源

研究区砂岩成岩物质主要来自地表和粘土矿物的转化作用，前者形成大量的方解石

胶结物，而后者则提供了石英和长石次生加大所需要的 Si^{4+} 和 Na^+ 离子。

(一) 地表来源

在泉头组和青一段的砂岩中，成岩现象简单，以方解石充填为主，次生石英和次生长石仅局部发育，砂岩基本未经机械压实作用。因此方解石是在碎屑颗粒沉积后不久形成的。在泉头组和青一段沉积时期，本区主要为河流环境。由于河流改道频繁，使沉积物经常暴露于地表，造成同生水中钙质含量浓集从而形成大量的方解石胶结物。

登娄库组砂岩是快速堆积的产物，方解石胶结物仅局部发育，而且大部分明显的晚于石英和长石的次生加大。因此，钙质可能与地表水沿同生断裂下渗有关。

(二) 泥岩中粘土矿物的转化作用

一般认为，深部砂岩中的自生石英与压溶作用和与之互层的泥岩中粘土矿物的转化作用有关。然而，在本区压实作用并不显著，未见到呈缝合式接触的碎屑颗粒。因而，有理由认为本区砂岩中石英的次生加大与压溶作用无关。

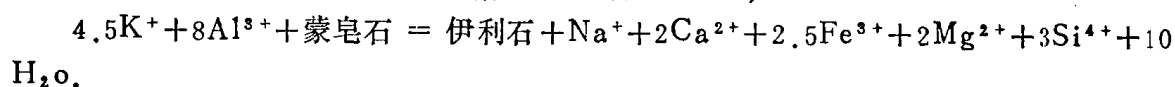
根据松辽盆地北部的资料，在泥岩中，大量的蒙脱石分布在埋深小于1200—1300米的地层中。当埋深大于1200—1300米时，蒙脱石开始向伊利石转化，形成蒙脱石——伊利石混合层粘土，转化的温度为65—70°C。并且在1200—3000米的深度范围内就完成了蒙脱石向伊利石和绿泥石转化的全过程。如上所述，在本区在埋深1500米以下，砂岩中的自生石英和自生长石大量出现，恰好位于蒙脱石向蒙脱石——伊利石混合层粘土转化的深度范围之下。

在松辽盆地南部，研究区内的侏罗系上统和白垩系下统沉积层厚约7000—10000米，其中发育有较厚的暗色泥岩。据一钻井揭露，在1400—1619米井段，只黑色泥岩就厚达703.5米，占地层厚度的43.8%；在1697—2529米井段，黑色泥岩厚达150米，占地层厚度的18%；在2529—2805米井段，黑色泥岩厚达123米，占地层厚度的44.6%。

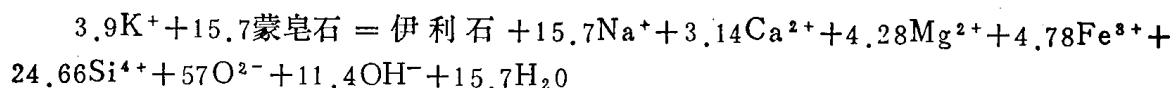
上述事实说明，在埋深1500米以下，砂岩中自生石英和自生长石的形成有可能与互层的泥岩中蒙脱石向伊利石的转化有关。

蒙脱石或混合层的蒙脱石——伊利石向纯伊利石的转变，可以释放出大量的 Ca^{2+} ， Si^{4+} ， Na^+ ， Fe^{3+} 和 Mg^{2+} 离子，其反应如下：

A. Al是可活动组分的反应（据Hower等人，1976）



B. Al是不活动组分的反应：



（其中：蒙皂石包括蒙脱石，绿脱石，拜来石和皂石）

在这两个反应中，所需要的 K^+ 和 Al^{3+} 来自钾长石的分解。

鲍尔斯（powers, 1967）指出，在蒙脱石向伊利石转化的过程中，有大量的层间水从蒙脱石层间转移到颗粒之间成为粒间水。Burst（1969）认为，在埋藏的晚期由于粘土矿物的成岩转化，将有占被压实沉积物体积10—15%的层间水释放到孔隙空间成为自由水。它们在负荷压力下势必要向外排出。然而，在页岩大规模排水之后，这种携带大量

的 Ca^{2+} 、 Si^{4+} 、 Na^+ 、 Fe^{3+} 和 Mg^{2+} 离子的水溶液的迁移不会是太远的，极有可能迁移到上覆的砂岩层中。其中 Si^{4+} 可以经转换形成石英的次生加大边， Na^+ 可形成斜长石的次生加大边，而 Ca^{2+} 则可形成方解石，以孔隙充填形式占据孔隙空间。反应中释放出的铁和镁离子则为方解石的铁白云石化提供物质来源。显然，粘土矿物的转化作用有可能是本区砂岩成岩岩物质的一个重要来源。

四、成岩作用对砂岩孔隙度的影响

由埋深与测井解释孔隙度关系图(图4)清楚可见，随深增加，孔隙度降低。在1500米以上，孔隙度降低曲线比较平缓，在1500米以下曲线变陡。孔隙度的这种变化趋势与砂岩的成岩作用强度有关。

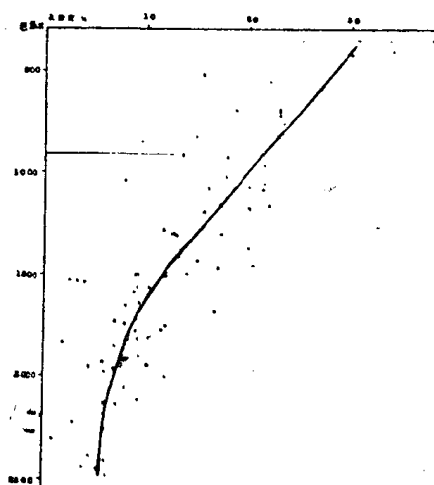


图4. 研究区砂岩测井解释孔隙度与埋深关系图

在埋深小于1500米的砂岩中，石英与长石的次生加大不发育，砂岩的物性主要受机械压实作用和方解石胶结的控制。

在埋深大于1500米的砂岩中，机械压实作用居于次要地位。对砂岩孔隙度影响较大的是化学成岩作用。主要表现在除方解石胶结物外，石英和长石次生加大的普遍出现，以及大量的自生粘土矿物的生成。这些都大大地降低了砂岩的孔隙度值。

结 论

1、研究区内砂岩主要为长石砂岩和岩屑长石砂岩。其骨架碎屑成分为单晶石英，长石和火山岩岩屑。

2、砂岩的母岩主要为前中生代地层的酸性深成岩，变质岩和碳酸盐岩；侏罗系及白垩系下统营成组内的中酸性喷出岩与碎屑岩。

3、砂岩经历了复杂的成岩史，自生矿物主要的方解石，次生加大石英和次生加大长石以及自生高岭石和自生伊利石。填隙矿物最常见的形成顺序是：粘土膜或自生伊利石→碎屑颗粒的次生加大→方解石孔隙充填→方解石交代碎屑颗粒→铁白云石交代方解石。

4、砂岩中的自生矿物具明显的纵向分带现象。在埋深小于1500米的砂岩中，以方解石为主；在大于1500米的砂岩中除方解石外，石英和长石的次生加大现象大量出现，自生粘土矿物以伊利石为主。

5、砂岩的孔隙度值，在1500米以上主要受机械压实作用和方解石胶结物的影响；在1500米以下主要受化学成岩作用控制。

参 考 文 献

(略)